

MIKOŁAJ MIKUŁOWSKI

Organizacja transportu sadzonek na powierzchniach odnawianych lub zalesianych

Organisation of the transportation of seedlings
on areas under afforestation

Wstęp

Przewidywany rozmiar i dynamika zalesień powoduje, że zmniejszenie pracochłonności i kosztów prac zalesieniowych nabiera dużego znaczenia. Do 2020 r. może wystąpić konieczność zalesienia ok. 700 000 ha, zaś do 2050 r. nawet 1 500 000 ha. Ze względu na duży areal gruntów marginalnych (ok. 2 200 000 ha) i gruntów o najniższej przydatności rolniczej (4 600 000 ha), a także na przemiany w użytkowaniu ziemi w Polsce, zwłaszcza w rolnictwie, powierzchnia niezbędnych zalesień może być większa, niż się obecnie zakłada (4, 5).

Zalesiane będą przede wszystkim grunty najłabsze, o glebach podatnych na przesuszenie. Można założyć, że w większości będą to duże powierzchnie otwarte, na których występuje pełna insolacja i częste, wysuszające wiatry. Warunki panujące na zalesianych powierzchniach stwarzają niebezpieczeństwo osłabienia sadzonek w czasie wszystkich etapów ich transportu i przechowywania, co może być przyczyną pogłębienia szoku sadzeniowego, przynosząc w efekcie niską udatność i słaby wzrost upraw. Dotyczy to przede wszystkim gatunków iglastych, dysponujących ukształtowaną powierzchnią aparatu asymilacyjnego, która determinuje ich transpirację (3).

Niniejsza propozycja racjonalizacji ręcznego transportu (przenoszenia) sadzonek na powierzchni zalesianej opiera się na następujących przesłankach:

- przewidywanym rozmiarze prac zalesieniowych,
- zagrożeniu dla utrzymania jakości sadzonek w czasie typowej organizacji prac zalesieniowych na dużych powierzchniach otwartych,

- możliwości skutecznego przechowywania poza obiektami przechowalniczymi sadzonek opakowanych w baloty do transportu,
- możliwości ograniczania nagrzewania się balotów w czasie ekspozycji na bezpośrednie promieniowanie słoneczne.

Do zalesień są używane głównie sadzonki produkowane z nieosłoniętym systemem korzeniowym. Typowa organizacja prac obejmuje transport sadzonek w pojemnikach skrzynkowych w pobliżu powierzchni zalesianej, umieszczenie ich w dole do dołowania lub przechowalni, skąd są sukcesywnie pobierane, w miarę postępu sadzenia (10, 11). Dołowanie sadzonek w pobliżu powierzchni zalesianej niesie w sobie zagrożenia dla jakości sadzonek. Temperatura w dołach w dużej mierze zależy od temperatury powietrza na powierzchni otwartej i stosunkowo wcześniej przekracza próg, w którym rozpoczyna się vegetacja sadzonek i zwiększa się niebezpieczeństwo utraty przez nie jakości (7). Doły mogą być ponadto rozsądnymi chorobami grzybowymi (8). Zgodnie z zaleceniami, doły powinny być lokowane w zacienieniu drzewostanu lub zadrzewienia. Wymaganie to, w warunkach dużych powierzchni otwartych, może być trudne do spełnienia.

Przy odnawianiu dużych powierzchni otwartych w górach przechowywanie poza obiektami sadzonek opakowanych w baloty do transportu dawało dobre rezultaty (12). Sadzonki w opakowaniach również powinny być składowane w ocienieniu. Aldhous (1959) stwierdził, że w workach polietylenowych eksponowanych na bezpośrednie promieniowanie słoneczne temperatura osiągnęła około 52°C. W analogicznych warunkach Kauppi (1984) zaobserwował, że temperatura w workach polietylenowych z sadzonkami wzrastała o 2°C na minutę, osiągając 50°C, zaś Pichler (1983) podaje, że temperatura w workach dochodziła do 60-80°C. Temperatura wewnątrz pojemników skrzynkowych, ustawionych w naturalnym, lub sztucznym ocienieniu jest znacznie niższa, niż temperatura w pojemnikach ustawionych na powierzchni nieocienionej (2, 6). Williston (1980) uważa, że w czasie operacji transportowych temperatura wewnątrz opakowań osłaniających całe sadzonki nie powinna przekraczać 30°C. Baloty do transportu sadzonek mają odmienną konstrukcję, niż pojemniki skrzynkowe lub worki polietylenowe, gdyż zabezpieczają tylko systemy korzeniowe. Maksymalna temperatura, zaobserwowana w tego typu pojemnikach, wystawionych na nieocienionej powierzchni zależała od barwy folii, użytej do ich sporządzenia: przy folii o barwie czarnej temperatura w warstwie zewnętrznej pojemnika osiągnęła 39,8°C, białej 36,5°C, srebrnej 28,8°C. Temperatura panująca w pojemnikach ustawionych w ocienieniu była znacznie niższa. Można więc ograniczyć nagrzewanie się balotów eksponowanych na bezpośrednie promieniowanie słoneczne przez zastosowanie białej lub srebrnej folii (13).

W ogólnym modelu transportu sadzonek (10, 11) przenoszenie sadzonek na powierzchni zalesianej w warunkach nizinnych było traktowane jako jedna operacja.

Celem niniejszej pracy natomiast jest przedstawienie różnych sposobów zorganizowania transportu sadzonek na powierzchni zalesianej w aspekcie minimalizacji nakładów pracy i zagrożeń dla sadzonek.

Model transportu sadzonek na powierzchni zalesianej

Założenia modelu

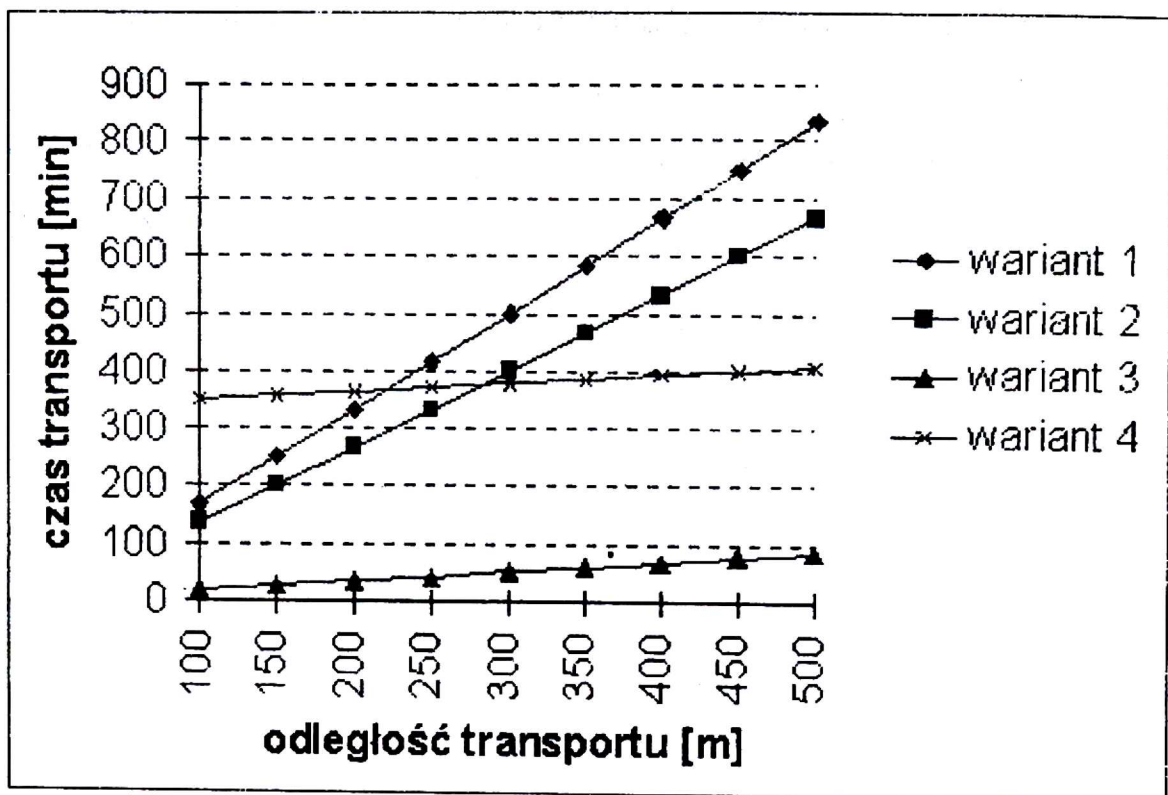
Zakłada się, że powierzchnia będzie zalesiana jednorocznymi sadzonkami sosny zwyczajnej. Sadzenie wykonuje zespół dwuosobowy: jedna osoba (sadzący przenosi i sadi, druga osoba posługuje się kosturem. Obecnie praktykowany sposób organizacji prac będzie w modelu nazywany organizacją tradycyjną. Główne założenia i oznaczenia użyte przy konstrukcji modelu przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1
Oznaczenia i jednostki przyjęte w konstrukcji modelu

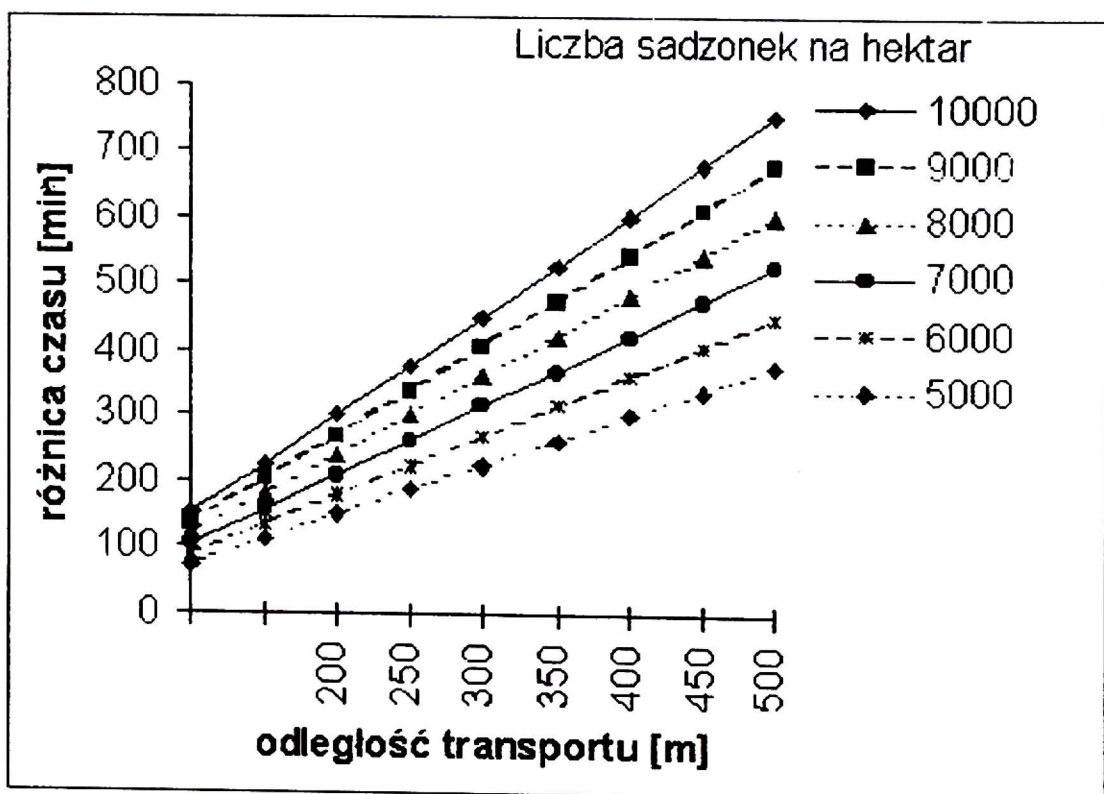
Lp	Symbol	Opis	Wzór	Jednostka
1	n	liczba sadzonek na hektar – od 5000 do 10 000		[szt]
2	L_s	średnia odległość transportu	$L_s = (L_1 + L_2)/2$	[m]
3	V_1	średnia prędkość przemieszczania się bez ładunku	$V_1 = L_1/T_1$	[m min ⁻¹]
4	V_2	średnia prędkość przemieszczania się z ładunkiem	$V_2 = L_2/T_2$	[m min ⁻¹]
5	V_s	średnia prędkość przemieszczania się	$V_s = V_1 V_2/2$	[m min ⁻¹]
6	N	liczba sadzonek w jednym ładunku		[szt]
7	C	liczba cykli transportu na 1 ha	$C = nN^{-1}$	[szt]
8	L	droga przemieszczania się bez ładunku i z ładunkiem	$L = 2L_s C$	[m]
9	T	czas transportu sadzonek na powierzchni	$T = L/V_s$	[min]

Organizacja pracy przy sadzeniu

- Wariant 1. Organizacja tradycyjna: dwuosobowy zespół sadi sadzonki nie opakowane. Sadzonki od dołu do miejsca sadzenia z użyciem nosiłek ręcznych przenosi sadzący. Zakłada się, że jednorazowy ładunek wynosi 200 sadzonek, wystarczający na ok. 1-2 godzin pracy. Dłuższy okres przetrzymywania sadzonek w nosiłkach ręcznych może spowodować ich deprecjację (9)
- Wariant 2. Organizacja z wykorzystaniem balotów do transportu sadzonek: transport balotów od miejsca ich składowania w pobliże miejsc sadzenia wykonuje sadzący. Zakłada się, że przenosi on jednorazowo 1 balot. Sadzonki znajdują się w opakowaniu do chwili posadzenia, zatem system korzeniowy sadzonek jest osłonięty w całym cyklu operacji transportu, od ich zapakowania w szkółce.
- Wariant 3. Organizacja z wykorzystaniem balotów do transportu sadzonek: transport pojemników od miejsca ich składowania w pobliże miejsc sadzenia wykonuje zespół. Zakłada się, że każdy pracownik przenosi jednorazowo w nosiłkach ręcznych 4 baloty i rozstawia je na powierzchni zalesianej w miejscach zapewniających ocienienie powierzchni bocznej pojemnika. W miarę postępu prac zalesieniowych do sadzenia używane są sadzonki z kolejnych balotów.



RYC. 1. Czas ręcznego transportu sadzonek na zalesienie 1 ha uprawy w zależności od odległości



RYC. 2. Różnica czasochłonności transportu sadzonek na 1 ha powierzchni uprawy między wariantem 1 – organizacją tradycyjną i wariantem 3, z wykorzystaniem balotów do transportu, w zależności od odległości transportu, przy liczbie sadzonek na hektar od 5000 do 10 000

- Waruant 4. Organizacja z wykorzystaniem balotów do transportu sadzonek: transport balotów od miejsca ich składowania w pobliżu miejsc sadzenia wykonuje zespół, z wykorzystaniem nosiłek ręcznych dwuosobowych, o nośności 9 balotów. Baloty są składowane w pobliżu miejsca sadzenia w cieniu odpowiednio ustawionych nosiłek, skąd są sukcesywnie przenoszone w aktualne miejsca sadzenia.

Określenie czasochłonności przenoszenia sadzonek na powierzchni zalesianej

Przeprowadzono pomiary mas ładunków przy badanych wariantach organizacji pracy. Wynosiły one średnio w zaokrągleniu do kilograma, na podstawie prób o liczebności 20 pomiarów, dla wariantu 1 – organizacja tradycyjna 4 kg, dla wariantu 2 – przenoszenie 1 balotu 5 kg, dla wariantu 3 – przenoszenie jednorazowo czterech balotów 20 kg, dla wariantu 4 – przenoszenie na nosiłkach dwuosobowych 40 kg. W balocie do transportu znajdowało się 250 sadzonek jednoletniej sosny.

Następnie przeprowadzono wstępne chronometrażę do oceny średniej prędkości przemieszczania się bez ładunku i z różnego typu ładunkami. Pomiary te przeprowadzono na powierzchni zalesianej. Przy odległości transportu 120 m (składającej się z 8 odcinków 15 m, na których kolejno mierzono czas) po 10 serii dla każdego rodzaju ładunku dla 2 osób. Stwierdzono, że na badanych odcinkach transportu występuje liniowa zależność między czasem przemieszczania się, a drogą ($p < 0,01$). Prędkość przemieszczania się bez ładunku i z ładunkiem jest zbliżona i charakterystyczna dla osoby. Pomiary stanowiły podstawę do przyjęcia jednakowej prędkości przemieszczania się, niezależnie od rodzaju ładunku, wynoszącej $0,5 \text{ ms}^{-1}$.

Dla wariantu 4 przyjęto ponadto średnią odległość transportu od miejsca tymczasowego składowania sadzonek do miejsca posadzenia, równą długości rzędu obsadzanego z jednego balotu, która, przy średniej odległości między sadzonkami w rzędzie równej 1m wynosi 250 m.

Czas pracy w zależności od odległości transportu (ryc. 1) dla wariantów polegających na cyklicznym przenoszeniu sadzonek z miejsca ich składowania do miejsca sadzenia (wariant 1 i 2) jest większy, niż dla wariantów transportu, polegających na jednorazowym przenoszeniu sadzonek (wariant 3 i 4).

Czas transportu zależy również od liczby sadzonek, sadzonych na jednostce powierzchni (wzór 7, tab. 1). Różnica czasu transportu między wariantami 1 i 3, w funkcji odległości transportu, dla liczby sadzonek na hektar, wynoszącej od 5000 do 10 000 przedstawiono na rycinie 2. Przykładowo, przy 5000 sadzonek na hektar i odległości transportu 300 m, różnica ta wynosi około 225 min, zaś przy odległości 500 m ok. 375 min. Przy 10 000 sadzonkach na hektar różnice te wynoszą odpowiednio 450 i 750 min. Przyjmując średni koszt roboczogodziny równy 10 PLN, sadzenie wykonywane przez dwuosobowe zespoły i powierzchnię zalesień równą 700 tys ha daje, przy 5000 sadzonek na hektar, oszczędności równe odpowiednio 52,5 i 87,5 mln PLN, zaś przy 10 000 sadzonek na hektar – 105,0 i 175,0 mln PLN.

Różnica czasów transportu sadzonek luzem (wariant 1) i w opakowaniach (wariant 2,3,4) zależy również od przyjętej w modelu średniej prędkości przenoszenia. Przy przyjęciu

TABELA 2
Czas pakowania w baloty do transportu i zapotrzebowanie na substrat

Gatunek, wiek, średnia wys.	Liczba sadzonek w balocie	Średni czas pakowania [min]		Średnia masa [kg]		Masa substratu na 1000 sadzonek
		1 balotu	1000 sadz.	balotu	substratu	
Sosna 1/0 6 cm	250	2,20	8,8	3,8	2,9	11,6
Sosna 2/0 20 cm	125	1,42	11,4	7,9	2,9	23,2
Świerk 3/0 25 cm	125	1,50	12,0	8,1	3,0	24,0
Modrzew 2/0 60 cm	75	2,62	34,9	7,4	5,4	72,0

średniej prędkości równej 1ms^{-1} różnice czasu transportu między wariantami 1 i 3, przedstawione na rycinie 2 byłyby dwukrotnie mniejsze.

Porównując warianty transportu sadzonek luzem i w opakowaniach należy uwzględnić nakłady pracy i materiałów na pakowanie sadzonek. Przeprowadzono zatem pomiary czasu pakowania sadzonek i zużycia materiałów. Średnie obliczono na podstawie prób o liczebności 30 pomiarów i przedstawiono w tabeli 2. Uwzględnienie w modelu czasu pakowania sadzonek zwiększa odległości transportu na powierzchni uprawy, przy których czas transportu sadzonek opakowanych jest mniejszy, niż czas transportu sadzonek luzem.

Dyskusja modelu

Różnice pomiędzy wariantami transportu sadzonek na powierzchni zakładanej uprawy pod względem pracochłonności, wskazują, że zagadnienie organizacji prac leśnych jest ważne, szczególnie wobec przewidywanego rozmiaru zalesień w skali kraju. Odnosi się to zwłaszcza do tradycyjnie wykonywanych operacji, które pod względem nakładu pracy są często uznawane za marginalne. Mniejsza pracochłonność przenoszenia sadzonek opakowanych, niż przenoszonych luzem powinna być przesłanką wprowadzenia pakowania sadzonek przeznaczonych do zalesień dużych powierzchni otwartych. Jednak przy ilościowej ocenie tych różnic należy podkreślić, że oszacowanie pracochłonności różnych wariantów transportu sadzonek opiera się na uproszczonych założeniach modelowych.

Porównanie wariantów 3 i 4 z modelem transportu sadzonek przy odnawianiu dużych powierzchni wylesionych w górach (10) wskazuje, że istotą racjonalizacji transportu jest wprowadzenie dwóch etapów przenoszenia sadzonek i operacji składowania na powierzchni uprawy.

W porównaniu z tradycyjną organizacją transportu sadzonek, czas ich przenoszenia na powierzchni uprawy w różnych wariantach został zredukowany w różnym stopniu. Różnice czasu pracy między wariantami 2 i 1 wynikają wyłącznie z wielkości jednorazowego ładunku. Wariant 2, w związku z brakiem operacji tymczasowego składowania sadzonek na powierzchni uprawy, nie stwarza nowych źródeł zagrożeń dla ich kondycji. Wariant 3, polegający na rozstawieniu balotów na powierzchni uprawy, z wykorzystaniem naturalnych osłon stwarzanych przez mikrorelief powierzchni i roślinność pozwala uzyskać

największą redukcję pracochłonności, ale niesie w sobie niebezpieczeństwo nagrzania się pojemników, wskutek ekspozycji na bezpośrednie promieniowanie słoneczne (1, 2, 3, 6, 13, 15). Trzeba jednak podkreślić, że nie sprawdzono wpływu kilkogodzinnego nagrzewania się balotów z sadzonkami na udatność i wzrost upraw. Wariant 4, polegający na wykorzystaniu nosilek dwuosobowych i ustawieniu balotów w ich ocienieniu daje znaczące oszczędności czasu pracy dopiero przy dużych odległościach transportu i stwarza mniejsze zagrożenie nagrzewania się balotów, niż wariant 3. Ponadto, mając na uwadze, że:

- przeżywalność sadzonek transportowanych i przechowywanych w opakowaniach jest wyższa, niż transportowanych i przechowywanych luzem,
- przechowywanie poza obiektami przechowalniczymi sadzonek opakowanych w baloty wpływa nie gorzej na przeżywalność sadzonek, niż przechowywanie w obiektach przechowalniczych,

można przyjąć, że proponowane sposoby transportu ręcznego sadzonek na powierzchniach zalesianych w warunkach nizinnych powinny być przedmiotem badań o charakterze technologiczno-wdrożeniowym. Jest to zwłaszcza uzasadnione wobec przewidywanego rozmiaru prac zalesieniowych.

Wnioski

- Zaproponowane 3 warianty organizacji transportu sadzonek opakowanych w baloty do transportu dają mniejsze nakłady czasu pracy, niż wariant tradycyjny.
- Różnica czasu pracy między wariantem tradycyjnym (1) i wariantami zrationalizowanymi (2, 3, 4) jest wprost proporcjonalna do odległości transportu i liczby sadzonek, a więc do pracy transportowej.
- Różnica czasu transportu sadzonek między porównywanymi wariantami jego organizacji jest odwrotnie proporcjonalna do średniej prędkości transportu.
- Przy większych odległościach uwzględnienie pracochłonności pakowania sadzonek nie niweluje różnicy czasu pracy między transportem sadzonek nie opakowanych i w opakowaniach.
- Najmniej pracochłonne są warianty transportu sadzonek (3 i 4), polegające na jednorazowym przeniesieniu od miejsca składowania pojemników na powierzchnię uprawy takiej liczby pojemników, by zapewnić sadzenie przez 1-2 dni robocze.
- Oszacowane oszczędności, wynikające z zastosowania zrationalizowanych sposobów transportu sadzonek na powierzchniach zalesianych, przy przewidywanej wielkości zalesień 700 tys. ha zawierają się w granicach od 52,5 do 175 mln PLN.
- Wobec przewidywanego rozmiaru zalesień i dążenia do ekonomizacji działań należy szybko podjąć badania technologiczno-wdrożeniowe nad racjonalizacją transportu sadzonek, zwłaszcza na dużych powierzchniach otwartych.
- Proponowane sposoby transportu ręcznego sadzonek na powierzchni uprawy mogą być również stosowane przy odnawianiu lasu.

Literatura

1. **Aldhous J. R.:** Polyethylene bags for movements of forest nursery stock. "Empire Forestry Review" 1959 Vol. 38 (1) nr 95 s. 65-76.
2. **Balneaves J., Menzies M., Hong S. O.:** *Pinus radiata* Seedling Water Potential and Root ang Shoot Growth as Affected by Type and Duration of Storage. "New Zealand J. For. Sci." 1992 Vol. 22 nr 1 s. 24-31.
3. **Kauppi P.:** Stress, strain and injury: Scot's pine transplants from lifting to acclimation on the planting site. "Acta Forest. Fennica" 1984 nr 185 s. 1-49.
4. Krajowy program zwiększenia lesistości. IBL, Warszawa 1995
5. **Łonkiewicz B.:** Perspektywy zwiększania lesistości Polski w świetle planu przestrzennego zagospodarowania kraju. Sylwan 1990, R. CXXXIV Nr 3-12 s. 9-22.
6. **Martincova J.:** Obaly pro dopravu prostokorenných sazenic. "Zpravy Les. Vysk." 1987 Vol 32 nr 3 s. 1-5.
7. **Mikułowski M., Gruzdź Z. (1993):** Zmiany temperatury powietrza w przechowalni chłodzonej lodem i w dole tradycyjnym w czasie wiosennego przechowywania sadzonek. Prace IBL, Seria A 1993, nr 758, s. 91-101.
8. **Mikułowski M., Sierota Z.:** Czy doły do dołowania sadzonek mogą być rozsadnikami chorób grzybowych? Las Polski 1991 nr 21/22 s. 16-18.
9. **Mikułowski M., Szczybura E., Seńkowski C., Sobotko T.:** Badanie wartości hodowlanej zbiorowisk drzewiastych powstałych w wyniku sukcesji wtórnej oraz zalesień sztucznych na nieużytkach porolnych. Dokumentacja IBL, 1997, Warszawa.
10. **Mikułowski M.:** Model transportu sadzonek. Prace IBL, Seria B 1994, nr 21/2, s. 355-364.
11. **Mikułowski M.:** Model transportu sadzonek produkowanych z odkrytym systemem korzeniowym. Prace IBL, Seria A, 1994 nr 775 s. 85-97.
12. **Mikułowski M.:** Pakowanie przechowywanie i transport sadzonek w górach. w: "Geoekologiczne problemy Karkonoszy." Wyd. UW. 1993 s. 379-384
13. **Mikułowski M.:** Temperature in containers for bare roots seedlings diuring storage in field conditions from the viewpoint of reforestation and afforestation large open areas. Prace Instytutu Geograficznego UW., Seria C Meteorologia i Klimatologia 1997, Vol IV, s. 115-121.
14. **Mikułowski M.:** Model transportu sadzonek w górach. Prace IBL, Seria B, 1994 nr 21/2 s. 343-364.
15. **Pichler J.:** Erfahrungen mit der Douglassie. "Allg. Forstztg." 1983 Vol. 94 nr 9 s. 229-230

16. **Williston H. L.:** What the southern tree planter wants from nursery man. W: Proceedings North American forest tree nursery soil workshop. July 28 – August 1, 1980 Syracuse, State University of New York, 1980 s. 6-11.

Summary

Organisation of the transportation of seedlings on areas under afforestation

Basing on the assumptions presented in Table 1, a model of transporting seedlings to afforested areas has been elaborated. Using seedling-rolls to seedling transportation allows a defining of 3 variants of transportation. These variants reduce the work time input at greater transporting distances if compared to the variant 1, which is the work organisation system used at present (Fig. 1). The difference in work time consumption between rationalised variants and traditional one is directly proportional to transporting distance and seedling numbers, therefore to transportation work, and moreover it is directly proportional to the numbers of seedling per one hectare that defines transportation task sizes (Fig. 2). The difference in work consumption between the variants is reverse proportional to the mean speed of transportation.

At greater distances of transportation, taking work consumption at seedling packing (Tab. 2) into account does not remove the difference in work time between transportation of both non-packed seedlings and in packages. The variant of transportation organisation system consisting in one-times transportation of seedling-rolls on the area of forest culture at such an amount that ensures planting through one working day is the least work-consuming. Implementation of rationalised systems of seedling transportation to the area of planing may bring financial savings.